特集 大出力真空管シングルアンプの競作

B電圧を抑えたA$_2$級動作

211シングル 20W モノーラルパワーアンプ

長島　勝 NAGASHIMA Katsu

シングルでも大出力が見込める直熱3極送信管211をA$_2$級動作で使用したモノーラルアンプ．双3極管6N6Pによる2段増幅，6V6GTによるカソードフォロワーで211をドライブする．カソードフォロワー段の電源は独立で，負荷はチョークコイル．出力管のB電圧は最大規格より大幅に低い620Vとし，パーツ選択と製作の容易さと安全性に配慮しているが，出力は19.5W（1kHz）を確保．周波数特性は12Hz～51kHz（－3dB），歪率特性は0.175%（1kHz，0.5V）．大出力だけに，伸びのある豊かな低音が得られた．

第21回真空管オーディオ・フェアの本誌主催のイベントで，大出力シングルアンプの競作をすることになり，大出力を得る方法をいろいろ考えました．パラシングルという方法もありますが，できるならば1本のほうがスッキリします．

手持ちの真空管で，シングル大出力が期待できるものとしては，KT120，OS51，845，211，3CX300A1などがあり，今回は，その中から直熱3極管の211を選びました．

211は現在再生産されていて比較的安価なので入手しやすいうえ，大型なので外見も立派です．

出力管211と全体の構成

UV211は，最古の送信管203の流れを汲む送信管です．弟分として，202の子孫の801Aがあります．211のフィラメント電圧は10V，フィラメント電流は3.25A，プレート損失は75W，μは12です（**図1**）．

普通，211や845には1000V前後の高電圧をかけて使うのが普通です．A$_1$級シングルの動作例でみると，1250Vかければ19.7Wという十分な出力が得られます．

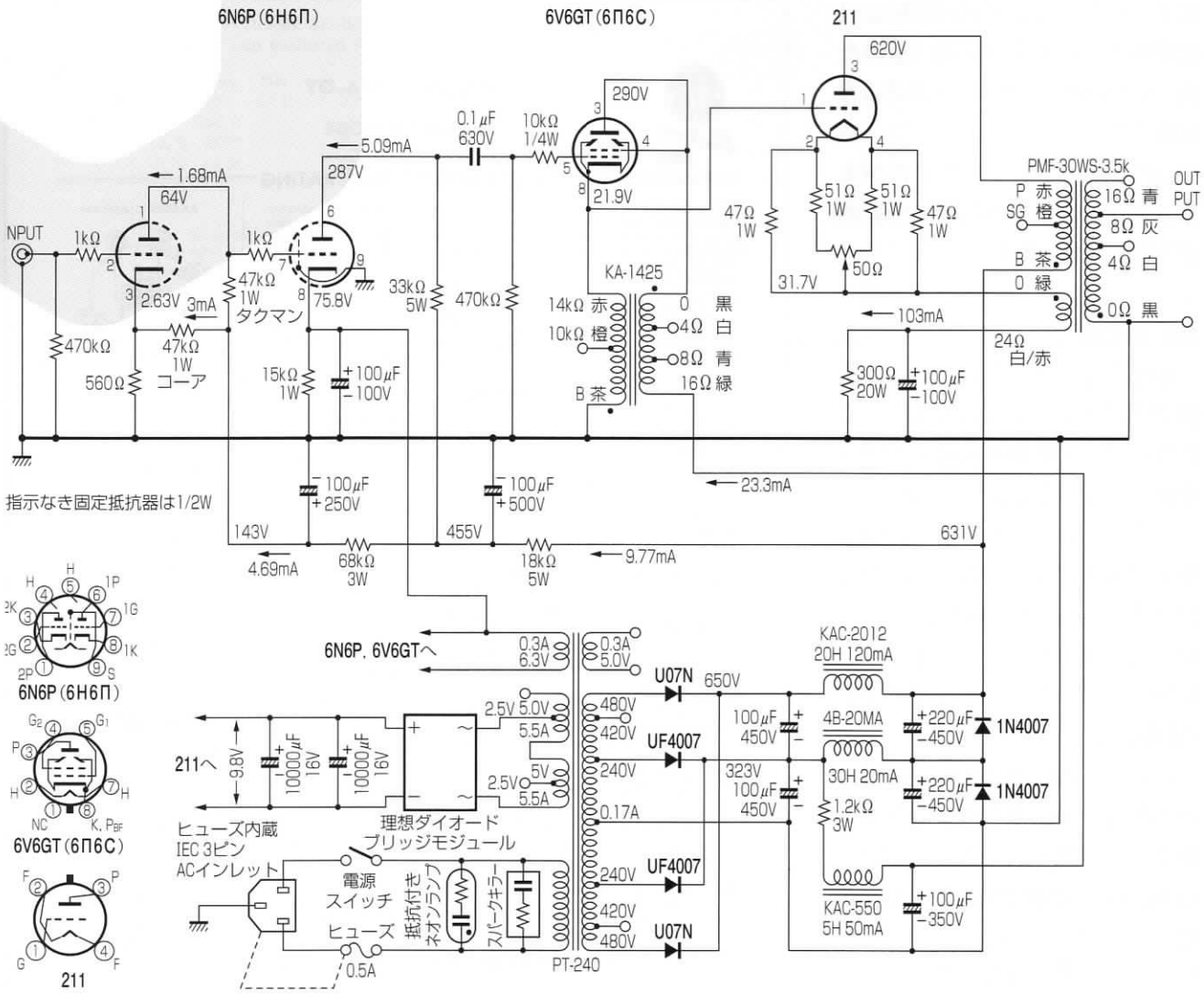
しかし，高電圧をかけるとなると，平滑用電解コンデンサーは3段重ねにしなければならず，その他の部品の耐圧も心配になってきます．750Vまで下げても5.6Wは得られますが，これでは出力が小さすぎます．750V時のr_pは4.4kΩです．通常の使用ではr_pの3倍程度の値になる負荷抵抗は，r_pのちょうど2倍の8.8kΩという低い値です．これでは，無帰還のダンピングファクターは1.5程度にしかならないでしょう．

そこで，安全のためにも600Vぐらいの低電圧で，なおかつ大出力が得られる方法を考えたところ，211をA$_2$級で使うことにしました．かつて，宍戸公一氏は801Aインタラ反転結合A$_2$級シングルノーバイアスアンプで6W近くの出力を得ていました．そのときのプレート電圧は290Vで，プレート電流は2A3並みの60mAでした．今回は，宍戸氏の動作例の考え方に近い，バイアスが0V付近で211を使って，電源電圧を下げつつ15W以上の出力を得たいと思います．

カソードフォロワー段にマイナス電源を使うと，結局シャシー内に1000V近い電位差が生じることになるので，安全面からこれは避けることにし，負電源なしでできるチョークコイル負荷のカソードフォロワーに決めました．

全体の構成は，6N6Pを初段と2段目，カソードフォロワーに6V6を充て，211を出力管にすることにしました．

左から旧ソ連製6Н6П（6N6P），同6П6С（6V6GT相当），中国製211



[図5] 本機の全回路

(6) 電源回路

電源トランスは，橋本電気のPT-240を使いましたが，理想ダイオードブリッジを使用するとAC7.5Vを整流してDC10Vが得られるので，PT-260も同じく使えます．

どうしても整流管を使いたいときは，PT-250を使ってB_H（出力管用B電源）をGZ34で整流してください．

本機の電源回路の変わったところは，240VタップをUF4007で両波整流し，100μF/450Vの電解コンデンサーで平滑したものと，480VをU07Nで両波整流したものが積み上がってB_Hが作られていることです．480Vのほうも100μFの電解コンデンサーで平滑しています．

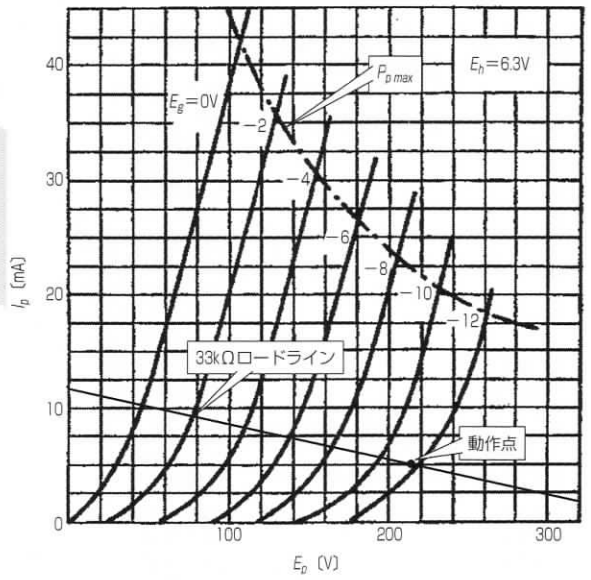
普通は，B_HとB_L（カソードフォロワー段）の電解コンデンサーは別々にすることが多いようですが，B_Hが約650Vになるので，2個の電解コンデンサーをシリーズにしたものを使います．その中点をB_Lとして使うことで，電解コンデンサーを1個節約しています．

B_HのチョークコイルはKAC-2012を使いますが，引き出し線が細く，耐圧も低そうなので熱収縮チューブを被せて配線しました．

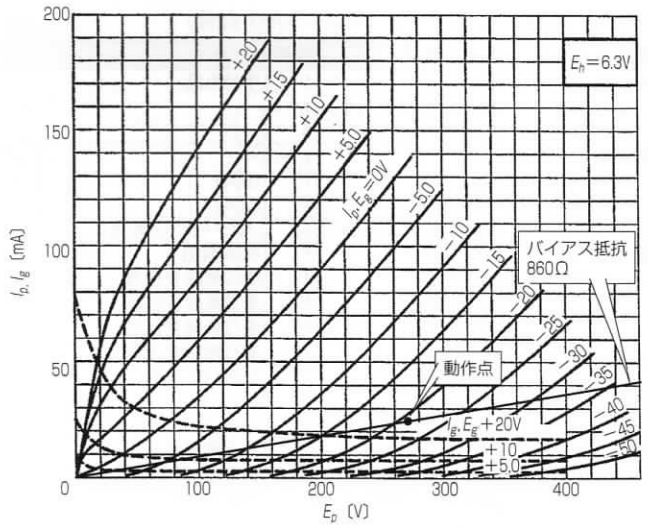
チョークコイルを出た後の電解コンデンサーは220μF/450Vの電解コンデンサーを2段重ねにして使用していますが，通常の使用法では，電解コンデンサーにパラに抵抗を入れて電圧バランスを取ります（**図9**の回路A）．

今回は，違うやり方で電圧バランスを取っています．電源トランスPT-240は480Vのほかに240Vのタップが出ているので240Vタップで整流した電圧がちょうど半分です．その電圧を利用して電解コンデンサーの中点電圧を作りました．240Vの整流回路が2つ積み上がって480Vになったような形です．B_Hは20Hのチョークコイルを通し，中点は30Hのチョークコイルを通して2段重ねの電解コンデンサーに入ります（**図9**の回路B）．

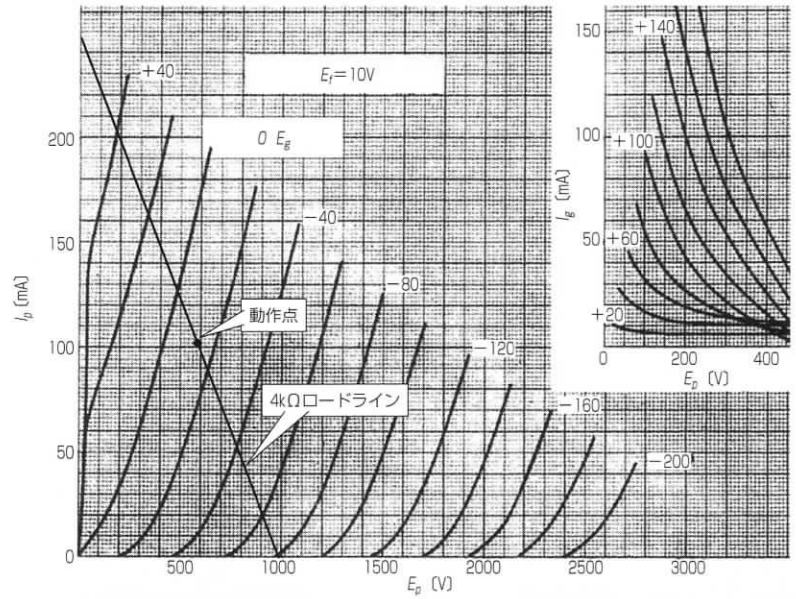
このやり方ならば，低い直流抵抗で電源に接続されているので，



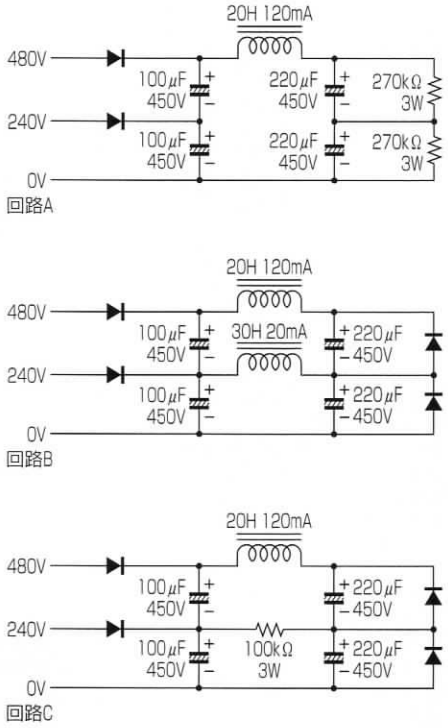
[図6] 6N6Pのロードライン（データシートに加筆）



[図7] 6V6（3極管接続）のプレート特性（GEのデータシートに加筆）



[図8] 211のE_p-I_p特性とE_p-I_g特性



[図9] 電源回路のバリエーション

シャシー加工

シャシーは，タカチ電機工業のメタルケースSRDSL-8HS（350×58.2×224.5mm）を使用しました．トップパネルの厚さは2mmです．

シャシー加工図を**図10**，パーツ配置図を**図11**に示します．

本機では，電源回路の2個直列にした220μF/450Vを小型アルミケースに収めてシャシー上に配置しています．これは，この部分に300V以上の高圧がかかるにもかかわらず，電解コンデンサーの上部が絶縁されていないため，安全を考えた措置です．

ケースはタカチ電機工業の小型アルミケースMB-2S（60×45×85mm）です．

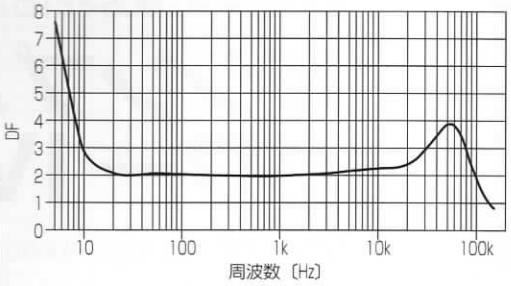
中のコンデンサーは，日本ケミコンのラジアルリード型KMQです．ケース内では，特に絶縁はしていません．

このコンデンサーが接続される端子板が**図12**（a）です．ガラスエポキシの生基板を指定サイズ（33×65mm）にカットし，孔あけした後，銅箔面にカッターナイフで傷を付け，不要な銅箔を剥がします．この方法では，簡単なパターンならば，エッチングより手軽に基板が作れます．

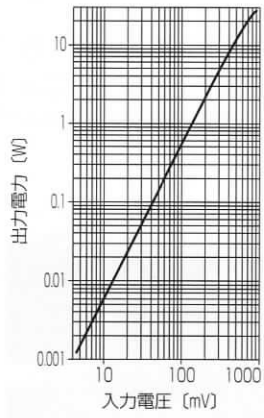
同図にはコンデンサーの接続も

［表3］　残留ノイズ測定結果

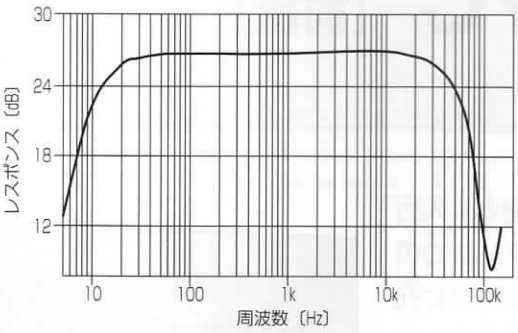
	オープン（8Ω）			ショート（8Ω）		
フィルター	なし	400Hz	Aウエイト	なし	400Hz	Aウエイト
アンプA〔mV〕	1.80	0.560	0.165	0.68	0.145	0.052
アンプB〔mV〕	0.87	0.094	0.028	0.47	0.071	0.026



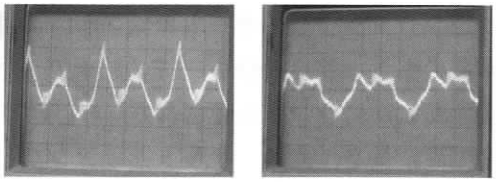
［図16］　ダンピングファクター（8Ω）



［図13］　入出力特性（8Ω, 1kHz）

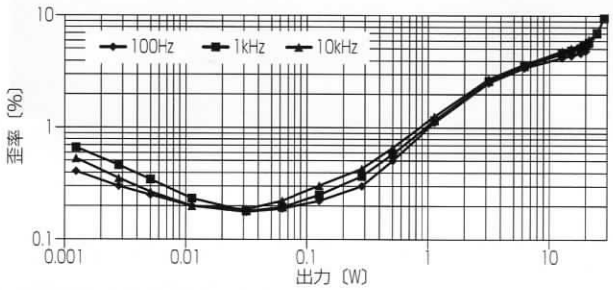


［図14］　周波数特性（8Ω, 1V）

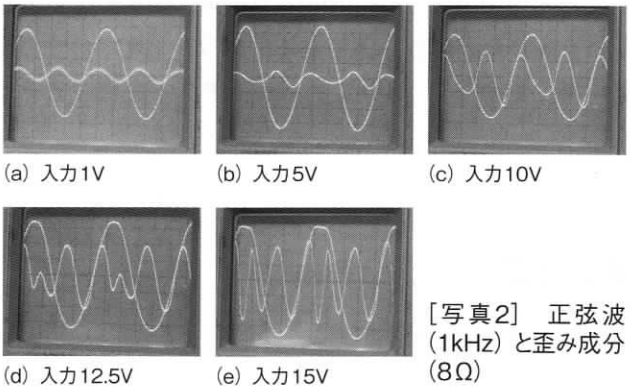


(a) オープン　(b) ショート

［写真1］　残留ノイズの波形（8Ω, 5mV/div）



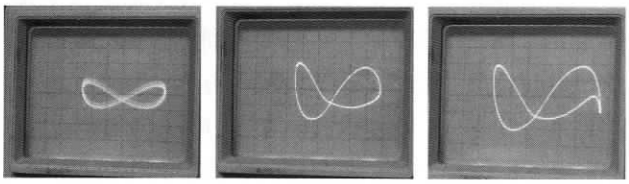
［図15］　歪率特性（8Ω）



(a) 入力1V　(b) 入力5V　(c) 入力10V

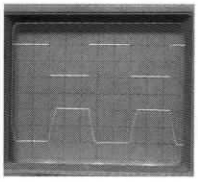
(d) 入力12.5V　(e) 入力15V

［写真2］　正弦波（1kHz）と歪み成分（8Ω）

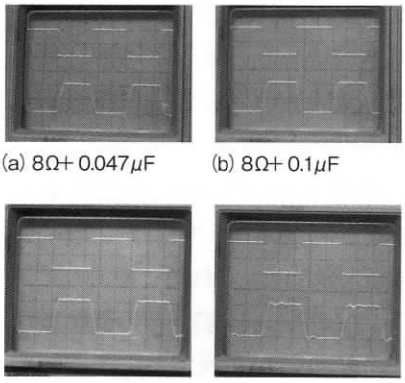


(a) 1kHz, 1V, 8Ω/歪み波形　(b) 1kHz, 10V, 8Ω/歪み波形　(c) 1kHz, 12.5V, 8Ω/歪み波形

［写真3］　リサジュー曲線（出力波形/歪み波形）



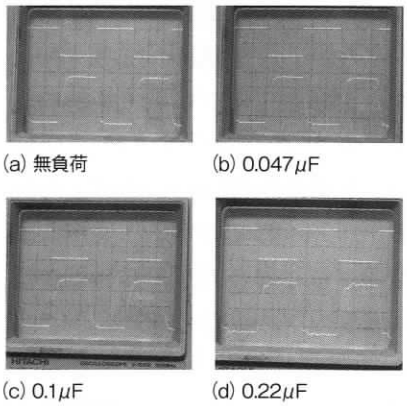
［写真4］　負荷8Ωの10kHz方形波応答（上：入力, 下：出力. 入力0.1V/div, 出力20μs/div）



(a) 8Ω+0.047μF　(b) 8Ω+0.1μF

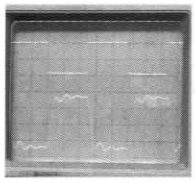
(c) 8Ω+0.22μF　(d) 8Ω+0.47μF

［写真5］　負荷8Ω＋容量負荷の10kHz方形波応答（上：入力, 下：出力. 入力0.1V/div, 出力20μs/div）



(a) 無負荷　(b) 0.047μF

(c) 0.1μF　(d) 0.22μF



(e) 0.47μF

［写真6］　容量負荷のみの10kHz方形波応答（上：入力, 下：出力. 入力0.1V/div, 出力20μs/div）

に住んでいるので，もともと大音量で聴くことはありませんが，ついボリュームを上げたくなってしまいます．

以前，1kV近くかける211を作ったのですが，あまり低域は出ず，音が痩せていてイマイチでした．やはり，プレート電流を多く流したアンプは力感があると思います．

ノグチトランス販売の出力トランスは，以前のものよりも高域の暴れが減って癖が少なくなり，一皮むけた感があります．